自我面孔识别的神经机制:基于 fMRI 研究的 ALE 元分析*

那宇亭 赵宇雯 关丽丽
（东北师范大学心理学院，长春 130024）

摘要 自我面孔识别反映了个体通过自我与他人的区分识别出自我面孔的过程。本文采用 ALE 元分析的方法，对自我面孔识别的 fMRI 研究进行系统的定量分析，探究自我面孔识别的神经基础。结果显示，自我面孔识别的关键脑区包括顶上小叶、额中回、额下回、脑岛、梭状回、楔前叶和枕叶皮层。另外，自我面孔识别可能包括两个层面的加工过程：知觉层面的加工整合过程以及由知觉引发的评价和情绪反应过程。知觉加工整合涵盖了自我面孔识别的各个加工阶段，主要涉及枕叶、梭状回和楔前叶的功能；而评价加工及情绪反应过程则发生在自我面孔识别的中晚期，主要涉及顶上小叶、额中回、额下回及脑岛的功能。未来研究可结合时间和空间数据并关注脑区间的协同功能，考察与内感受的神经关联，开展临床研究并探索威胁信息的影响机制。

关键词 自我面孔识别，神经机制，fMRI，ALE 元分析
分类号：B842

The neural mechanism of self-face recognition: An ALE meta-analysis of fMRI studies

NA Yuting; ZHAO Yuwen; GUAN Lili
(*School of Psychology, Northeast Normal University, Changchun* 130024*, China*)

Abstract: Self-face recognition reflects the process whereby someone can recognize their own face by distinguishing it from the other. Activation likelihood estimation (ALE) was used to conduct a meta-analysis of studies using neuroimaging data to reveal the neural mechanism of self-face recognition. The neural basis of self-face recognition mainly involves the right superior parietal lobule/precuneus/middle occipital gyrus, middle frontal gyrus, inferior frontal gyrus, fusiform gyrus, postcentral gyrus, insula, and left precuneus. Based on the meta-analysis results and on previous event-related potential (ERP) studies, self-face recognition may involve two levels of processing, perceptual integration processing and the accompanying process of evaluation and emotional response. In the process of recognizing self-face, the occipital gyrus, fusiform gyrus, and precuneus are involved in the perceptual integration process. The superior parietal lobule, middle frontal gyrus, inferior frontal gyrus, and insula are mainly recruited in the evaluation and the emotional response at the middle and late stages of recognizing self-face. Future studies could reveal the cognitive and neural mechanisms of self-face recognition by attending closely to the structural and functional connectivity of brain areas and brain networks, exploring the neural correlates of interoception and self-face recognition, conducting clinical studies to investigate the abnormal neural activity of patients with self-processing impairment, and exploring the influence of threatening information on self-face recognition..

Key words: self-face recognition, neural mechanism, fMRI, ALE meta-analysis

---

收稿日期：2020-11-14
* 国家自然科学青年基金项目资助(31700981)。
通讯作者：关丽丽，E-mail: guanll353@nenu.edu.cn

人们每天都要面对纷杂的视觉环境，由于认知资源有限，不能在同一时间对所有刺激进行加工，这就需要评价刺激的重要性并优先加工更有意义的刺激。在人类生存的环境中，面孔毋庸置疑是最具有生物意义和社会意义的刺激，人类对面孔信息的检测和分类快于其他刺激(Rousselet et al., 2003)。且刚出生的婴儿就已经具有面孔偏好，面孔刺激比非面孔刺激更能引起他们的注意(Cassia et al., 2004)。近些年来，随着对面孔研究的不断深入，研究者们开始进一步探讨自我面孔识别的加工机制。

自我面孔识别反映了人们通过自我与他人的区分识别出自我面孔的过程(关丽丽 等, 2011)，它既是自我加工的一个重要方面，也是面孔加工的一个特殊过程。自我面孔识别及其加工优势与自我意识水平息息相关，具有重要的研究价值。近些年来，很多研究者采用脑成像技术，尤其是功能性磁共振成像技术(functional magnetic resonance imaging, fMRI)，考察了自我面孔识别的神经基础，试图确定参与自我面孔识别的关键脑区。然而，识别自我面孔激活的脑区范围很广，且不同研究中激活的脑区相差较大，所以需要采用量化的方式确定多个研究一致激活的脑区(关丽丽 等, 2011; Platek et al., 2008)。因此，本文对自我面孔识别的fMRI 研究进行了系统回顾，使用基于坐标的激活似然性估计(activation likelihood estimation, ALE)的方法期望得出跨研究一致激活的脑区，确定自我面孔识别的神经基础，为以后的研究提供参考。另外，本文还将整合自我面孔识别的 fMRI 研究的元分析结果和以往自我面孔识别的事件相关电位(event-related potential, ERP)研究结果，试图揭示自我面孔识别的神经机制。

1 元分析方法

1.1 文献检索与纳入

在数据检索平台上检索自 1950 年至 2020 年 9 月期间的文献。中文文献检索使用中国知网数据库(CNKI)、万方数据知识服务平台及维普中文期刊服务平台，基于本文的主题选择了检索关键词，即“自我面孔加工”、“自我面孔识别”、“自我面孔加工优势”、“神经基础”和“脑成像”。英文文献检索使用 Web of Science、PubMed 和 Cochrane Library 数据库，以“self-face recognition”、“self-face advantage”、“own face recognition”和“familiar face recognition”作为自我面孔识别的搜索关键词，以“fMRI”、“neural basis”、“neural correlates”和“neuroimaging”作为脑成像的搜索关键词。进一步地，为了避免遗漏符合的文献，本研究还对相关主题的综述的参考文献进行了人工检索。所有入选文献需同时符合以下标准：(1)研究中的对象均为健康人，被试的年龄、性别及招募来源不限；(2)研究采用 fMRI 技术；(3)报告全脑分析的峰值激活坐标；(4)坐标体系为 Montreal Neurological Institute(MNI)或 Talairach; (5)报告了自我面孔条件对比他人面孔条件的结果或他人面孔条件对比自我面孔条件的结果。

共检索到 345 篇文献，根据上述纳入与排除标准，通过阅读标题摘要，排除没有应用 fMRI 技术、与自我面孔识别无关、被试为患者的文献(n=307)，再对剩余的 38 篇文献进行全文阅读，并排除不存在自我面孔条件与他人面孔条件对比、原文提供数据不足、没有进行全脑扫描的文献 11 篇，最后纳入本元分析的文献共 27 篇(见图 1)。

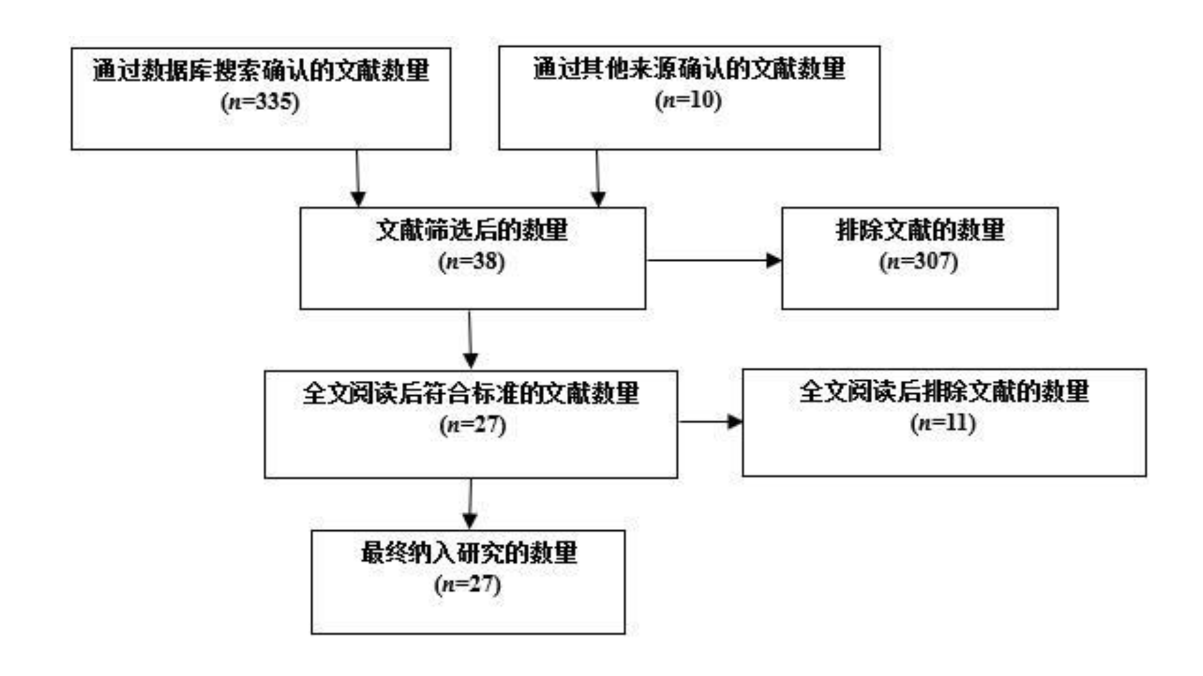


图 1 元分析文献筛选流程图

1.2 激活似然性估计法

本研究采用激活似然性估计法。该方法以概率分布为原理，计算了每个激活点落在大脑每个体素上的概率大小。当激活点离某一体素的距离越近时，这个激活点落在此处的概率就越大，反之越小(Chein et al., 2002)。激活似然性估计法可以综合多个实验的激活坐标数据来计算大脑每个体素被激活的可能性，做出前向推论(forward inference)，辨别自我面孔识别中一致激活的脑区(Turkeltaub et al., 2012)。本研究使用 GingerALE3.0.2 作为本次脑成像元分析的研究工具(http://www.brainmap.org/ale/)(Eickhoff et al., 2009)。

1.3 元分析的实施

首先通过阅读纳入的文献，对文献中的坐标数据进行鉴别和区分，主要判断数据的可用性，如哪些是自我面孔对比他人面孔的坐标数据或他人面孔对比自我面孔的坐标数据，哪些是全脑扫描的数据等。之后按照 ALE 的输入标准，提取相应的实验信息和坐标数据并建立文本文档。本次元分析采用 MNI 标准空间坐标，因此采用 Talairach 空间坐标的数据被转换为 MNI 标准空间坐标。本元分析采用了簇群水平的 family-wise error(FWE)多重比较校正方法，p<0.05(Eickhoff et al., 2009)。最后，采用 Mango 成像软件(Mango Image Viewer)用于 ALE 数据分析结果的图像展示(http://ric.uthscsa.edu/mango/)，将坐标呈现在标准大脑解剖模板中，并报告分析结果中各脑区激活簇的中心坐标、体积及 ALE 值等。

2 元分析结果

2.1 纳入文献基本描述

本研究共纳入符合标准的文献 27 篇，共 635 个被试，自我面孔对比他人面孔共有 253 个活动增强点，他人面孔对比自我面孔共有 28 个活动增强点。他人面孔包括熟悉面孔和非熟悉面孔，对于熟悉和非熟悉面孔对比分析数据都有的研究，优先选取熟悉面孔对比分析的坐标数据。具体纳入研究的特征在表 1 中呈现。

表 1 纳入研究的特征

研究	被试人数	平均年龄	提取坐标数	坐标空间	对比条件
Apps et al., 2012	16	24.31	19	MNI	Self > Familiar
Arzy et al., 2009	12	33.70	15	MNI	Self > Familiar
Devue et al., 2007	20	22.10	2	MNI	Self > Colleague
			5		Colleague > Self
Guan et al., 2020	69	20.75	7	MNI	Self > Friend
Kircher et al., 2000	6	——	17	Talairach	Self > Unknown
Kircher et al., 2001	20	31.00	8	Talairach	Self > Partner
Ma & Han, 2012	20	22.40	3	MNI	Self > Friend
Morita et al., 2008	19	26.00	8	MNI	Self > Unfamiliar
			4		Unfamiliar > Self
Morita et al., 2014	32	21.30	17	MNI	Self > Unfamiliar
Morita et al., 2017	22	18~47	22	MIN	Self > Unfamiliar
Morita et al., 2018	20	20.90	24	MNI	Self > Unfamiliar
Morita et al., 2020	50	21.60	17	MNI	Self > Unfamiliar
Oikawa et al., 2012	28	20.80	6	MNI	Self > Friend
Platek et al., 2004	5	——	1	Talairach	Self > Famous
Platek et al., 2005	14	24.79	16	Talairach	Self > Unfamiliar
Platek et al., 2006	12	19.36	7	MNI	Self > Familiar
			1		Familiar >Self
Platek & Kemp, 2009	12	27.58	3	MNI	Self > Friend
			1		Friend > Self
Scheepers et al., 2013	41	21.00	11	MNI	Self > Familiar
			4		Familiar > Self
Sugiura et al., 2005	34	18~26	3	Talairach	Self > Unfamiliar
Sugiura et al., 2006	42	18~24	6	Talairach	Self > Other
Sugiura et al., 2008	29	18~24	3	MNI	Self > Friend
			3		Friend > Self
Sugiura et al., 2012	23	18~24	6	MNI	Self > Friend
			2		Friend > Self
Sugiura et al., 2014	27	19~25	15	MNI	Self > Unfamiliar
Sui & Han, 2007	12	24.30	1	Talairach	Self > Familiar
Taylor et al., 2009	10	35.40	7	MNI	Self > Unfamiliar
Uddin et al., 2005	10	26.90	4	MNI	Self > Familiar
			8		Familiar >Self
Verosky & Todorov, 2010	30	22.00	5	Talairach	Self > Unfamiliar

注: ——代表无数据。

2.2 ALE 元分析结果

将纳入的 27 篇文献进行元分析，结果发现自我面孔对比他人面孔活动增加的脑区聚集在右侧的顶上小叶(superior parietal lobule, SPL)/楔前叶(precuneus)/枕中回(middle occipital gyrus, MOG)、额中回(middle frontal gyrus, MFG)、额下回(inferior frontal gyrus, IFG)、梭状回

(fusiform gyrus)、中央后回(postcentral gyrus)、脑岛(insula)和左侧的楔前叶(见图 2 和表 2)。他人面孔对比自我面孔没有发现激活簇。

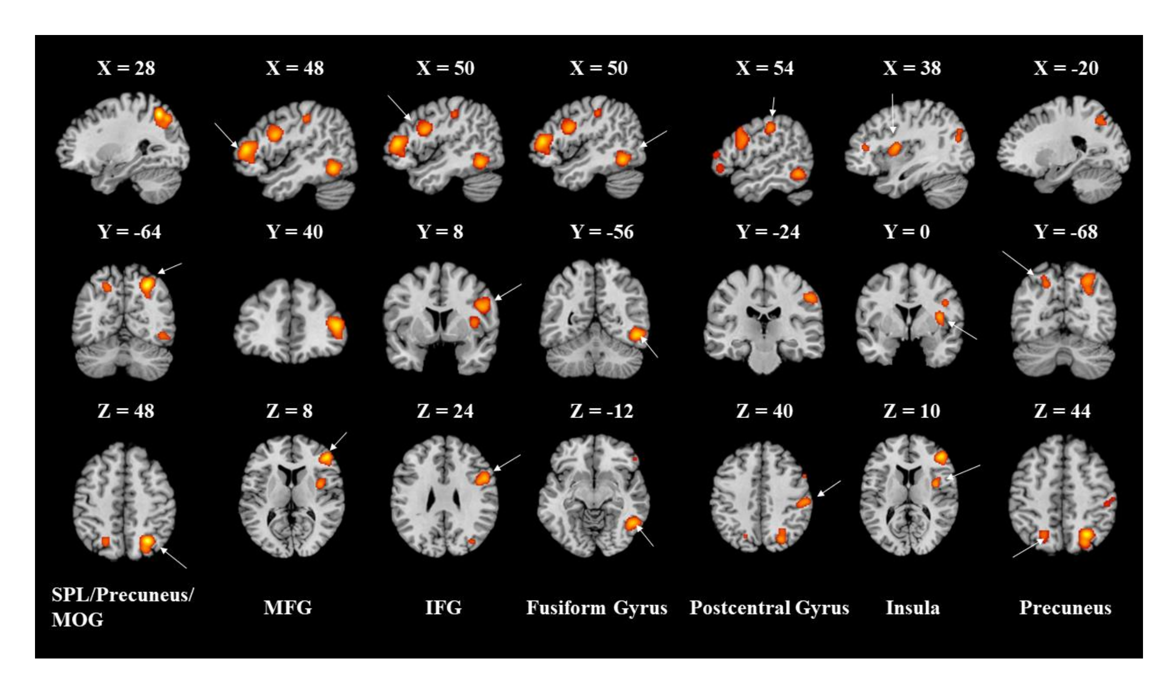


图 2 元分析结果图

注：图为元分析结果，簇群水平的 FWE 校正，p <0.05，图中所激活的脑区达到了显著激活水平。图中所激活的脑区从左到右分别为：右侧顶上小叶(SPL)/楔前叶(Precuneus)/枕中回(MOG)、额中回(MFG)、额下回(IFG)、梭状回(Fusiform Gyrus)、中央后回(Postcentral Gyrus)、脑岛(Insula)和左侧楔前叶。

表 2 ALE 元分析激活簇结果

脑区	半球	BA 区	中心坐标			体积	ALE 值
			X	Y	Z	(mm³)	(×10⁻²)
顶上小叶/	右	7	28	-64	48	5208	4.33
楔前叶/		7	26	-72	44		3.51
枕中回		19	38	-76	22		1.77
额中回	右	46	48	40	8	4256	3.87
额下回	右	9	50	8	24	3376	3.53
梭状回	右	37	50	-56	-12	2880	3.58
中央后回	右	2	54	-24	40	1488	2.39
脑岛	右	13	38	0	10	1320	2.74
楔前叶	左	7	-20	-68	44	856	1.84

3 讨论

Scheepers 等人(2013)发现加工自我面孔(对比于熟悉他人面孔)和加工内群体成员面孔(对比于外群体人员面孔)都更强地激活了顶上小叶，并认为该结果可能反映了自我面孔和内群体成员捕获了更多的注意资源。而 Apps 等人(2012)发现顶上小叶仅在识别现阶段的自我面孔时才会被激活，在识别童年时期的自我面孔时不会被激活。由于顶上小叶的活动同时涉及加工躯体感觉刺激和刺激的空间定位(Sereno & Huang, 2006)，该结果可能反映了识别现阶

段的自我面孔涉及多重感觉加工的过程，为了识别现阶段自我面孔的感觉运动信息需要及时更新现阶段自我面孔的物理信息。另外，顶上小叶的活动也可能反映了个体对自我面孔的评价加工。Morita 等人(2008)发现判断自我面孔图片的尴尬程度比判断朋友面孔的尴尬程度更强烈地激活了顶上小叶。Oikawa 等人(2012)进一步发现相比于识别朋友面孔，识别积极的自我面孔和识别消极的自我面孔都会激活右侧的顶上小叶。由此看来，自我面孔识别过程中顶上小叶的活动增强可能反映了识别自我面孔涉及注意分配、多重感觉的整合加工以及评价加工的过程。

Platek 等人(2004)发现加工自我面孔和推断他人心理状态均激活了右侧额中回，这表明加工自我相关的信息可能是推断他人心理状态的基础。而 Sui 和 Han (2007)的研究要求被试接受独立自我(independent-self)启动(在某故事中查找词汇“我”或者“我的”的个数)或依存自我(interdependent-self)启动(在某故事中查找词汇“我们”或者“我们的”的个数)后完成内隐自我面孔识别任务，发现加工自我面孔比加工熟悉他人面孔更加强烈地激活了右侧额中回，该区域在独立性的自我建构启动后激活强度更大，因此独立自我建构启动可能增强了个体对自我面孔和他人面孔的区分。还有研究将被试自己的面孔转换成相反性别、相反肤色或者 50%相似度的面孔，并要求被试判断这些面孔的种族或者性别，结合被试对这些面孔的信任度的评价后，研究者发现额中回负责个体对自我相似面孔的内隐亲社会行为的评价(Platek et al., 2009)。因此，识别自我面孔时额中回活动的增强不仅反映了自我面孔与他人面孔的区分，还反映了自我建构对自我面孔识别的影响以及个体对自我面孔相关的社会属性的加工和评价。

作为镜像神经元系统(mirror neuron system, MNS)的重要组成部分，当所识别的合成面孔包含了更高比例的自我面孔时，额下回的活动更强，所以额下回的活动增强可能反映了对自我面孔和他人面孔的区分(Uddin et al., 2005)。也有研究者认为右侧额下回的激活增强可能反映了自我面孔识别中的注意加工过程(Devue et al., 2007)。而效价分离研究发现，个体更倾向于将看起来可信任的合成面孔知觉成自我面孔，并且随着自我面孔在合成面孔中的比例增加，积极和消极的合成面孔在右侧额下回的激活变化产生分离，因此右侧额下回可能负责分离不同效价的自我面孔(Verosky & Todorov, 2010)。并且对自我面孔评价以及由评价引发的情绪反应的神经基础进行研究，发现右侧额下回的激活强度与个体评价自我面孔时的尴尬感受呈负相关(Morita et al., 2008)。因此，额下回的活动不仅反映了自我面孔与他人面孔的区分及对自我面孔更多的注意分配，还涉及评价自我面孔及产生相应的情绪体验的过程。

作为凸显网络(salience network)的重要组成部分，脑岛涉及检测自我相关的凸显刺激的过程(Menon & Uddin, 2010; Morita et al., 2014; Seeley et al., 2007)。在自我面孔识别中，脑岛的活动可能反映了识别自我面孔时的强烈的情绪感受。Guan 等人(2020)的研究发现死亡凸显引发的死亡接近感与个体随后识别自我面孔时的脑岛活动呈正相关，并且死亡凸显通过调节脑岛的活动影响后续的自我面孔识别。除此之外，脑岛的活动还与评价自我面孔时的主观情绪体验有关。在他人观察情境下识别自我面孔激活了右侧脑岛，并且右侧脑岛的激活强度与被试识别自我面孔时的尴尬感受呈正相关(Morita et al., 2014)。因此，脑岛的活动可能反映了识别或评价自我面孔时的情绪体验。

Platek 等人(2008)提出梭状回在自我面孔识别中可能负责处理低水平的感觉加工。但也有研究发现梭状回表征自我面孔的物理特征和身份确定的分离。该研究将被试自己的面孔和朋友的面孔合成，原始的自我面孔与保留了 60%比例的自我面孔如果都被识别为自我面孔的话，他们的区别就仅是自我面孔的物理特征上的差别，而原始自我面孔比保留了 60%比例的自我面孔更强地激活了左侧梭状回，说明左侧梭状回区分具有不同物理特征的自我面孔；但同样是保留了 50%比例的自我面孔，有的被识别为自我面孔，有的却被识别为朋友面孔，他们的区别在于面孔身份确认上的不同，而将保留了 50%比例的自我面孔识别为朋友面孔

比将其识别为自我面孔更强地激活了右侧梭状回，说明右侧梭状回区分面孔的个体身份(Ma & Han, 2012)。所以自我面孔物理特征的表征在左侧梭状回，右侧梭状回则负责自我面孔的身份确定。因此，梭状回的活动增强可能不仅体现了自我面孔识别中处理低水平的感觉加工的过程，还反映了对自我面孔的身份确定。

Taylor 等人(2009)发现识别自我面孔比识别伴侣面孔更强地激活了楔前叶。由于楔前叶与自我相关信息的加工有关(Gobbini & Haxby, 2007)，自我面孔识别中楔前叶的活动可能反映了检索自我相关知识的过程。由于楔前叶还参与自我相关的言语、记忆和身体等加工过程(Northoff et al., 2006)，楔前叶可能还涉及对自我相关信息的整合加工。自我面孔识别作为一种视知觉加工过程，大量研究发现识别自我面孔比识别他人面孔更强地激活了枕叶皮层(Apps et al., 2012; Kaplan et al., 2008; Ma & Han, 2012; Morita et al., 2008; Morita et al., 2017, 2018; Sugiura et al., 2006; Sugiura et al., 2005; Uddin et al., 2005)，这可能反映了自我面孔作为一种自我相关的凸显刺激所引起的注意增强(Morita et al., 2008)。另外，不同于梭状回在面孔识别中区分和确认面孔身份的功能，枕叶皮层在面孔识别中涉及基于部分的面孔加工过程(Morita et al., 2017; Pitcher et al., 2011)，这说明在面孔识别早期的结构编码阶段，个体可能就对自我相关的面孔特征具有更强的加工。由此看来，自我面孔识别中枕叶活动的增强可能反映了面孔识别早期对自我相关的面孔特征更强的注意加工，而楔前叶的活动增强则涉及识别自我面孔时检索自我相关的知识以及整合自我相关信息的过程。

4 自我面孔识别的神经机制

识别自我面孔并不只是在知觉层面简单地区分和确认面孔身份的过程，还会不可避免地伴随对面孔信息的评价加工并产生相应的情绪体验。通过整合以往自我面孔识别的 ERP 研究结果以及本文中自我面孔识别的 fMRI 研究的元分析结果，本文提出自我面孔识别可能包括两个层面的加工过程：知觉层面的加工整合过程以及由知觉引发的评价加工和情绪反应过程(见图 3)。

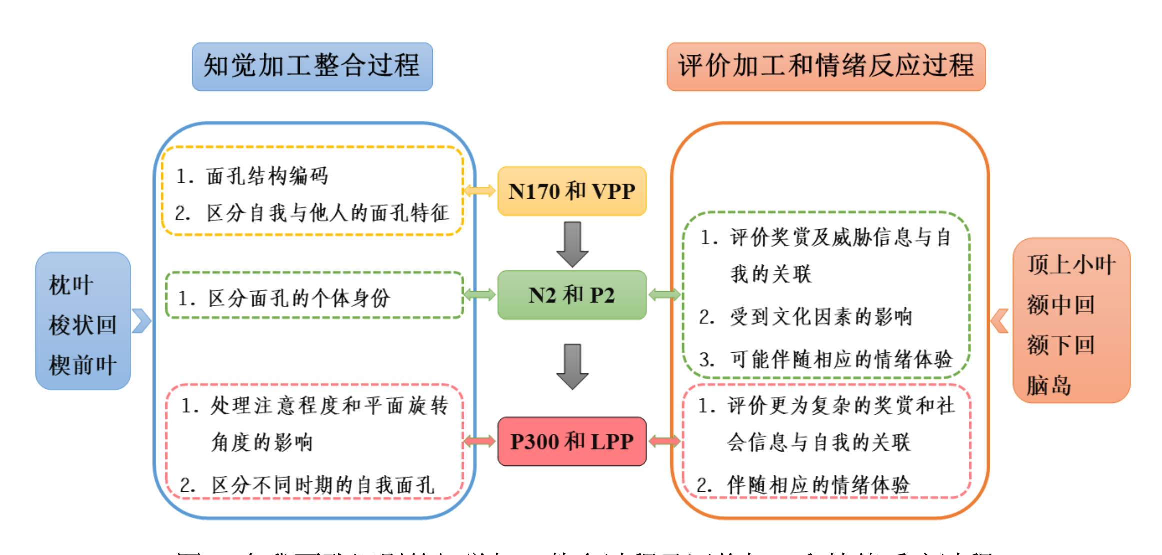


图 3 自我面孔识别的知觉加工整合过程及评价加工和情绪反应过程

4.1 自我面孔识别的知觉加工整合过程

基于本文元分析结果及以往研究结果，本文推测自我面孔识别知觉层面的加工整合过程可能主要涉及枕叶、梭状回和楔前叶的功能，该过程受到注意程度以及面孔相关的知觉特征的影响。其中枕叶主要参与面孔识别早期对自我相关的面孔特征的注意加工(Morita et al., 2017; Pitcher et al., 2011)。而梭状回一方面处理自我面孔识别中低水平的感觉加工，另一方

面还参与对自我面孔的身份确定(Ma & Han, 2012; Platek et al., 2008)。楔前叶则在其中参与对自我相关信息的知觉整合过程(Northoff et al., 2006)。

在时间加工进程上，对自我面孔的知觉加工整合涵盖了自我面孔识别的各个加工阶段。自我面孔识别的早期知觉整合过程主要体现在 N170 和 VPP (vertex positive potential)等成分上，主要涉及对面孔信息的结构编码过程(Joyce & Rossion, 2005; Rossion et al., 1999; Tanaka et al., 2006)。尽管大多数研究均发现 N170 成分和 VPP 并不区分自我面孔与他人面孔(Alzueta et al., 2019; Sui et al., 2013; Sui et al., 2009; Tacikowski & Nowicka, 2010)，然而，也有研究发现自我面孔比朋友和陌生人面孔激发了更大的 N170 和 VPP 波幅(Keyes et al., 2010)，还有研究发现自我面孔比名人面孔激发了更大的 N170 波幅和更小的 VPP 波幅(Geng et al., 2012)，所以自我面孔识别的早期知觉整合过程也可能已经区分了自我相关和他人相关的面孔特征。

随后的知觉加工整合主要区分自我面孔与他人面孔的个体身份，且主要体现在 N2 和 P2 等成分上(李稳, 2009; 谭群 等, 2018; Alarcon et al., 2019; Alzueta et al., 2020; Gonzalez-Franco et al., 2016; Guan, Qi, et al., 2015; Guan et al., 2014; Rubianes et al., 2021; Sui et al., 2013; Sui et al., 2009; Zhan et al., 2016)。而自我面孔识别知觉加工整合的晚期则处理其他自我相关的知觉信息。例如，有研究发现注意条件会在这一加工阶段影响自我面孔识别，即只有在注意条件下，自我面孔诱发的 P300 波幅才显著大于熟悉他人面孔诱发的 P300 波幅(Sui et al., 2009)。此加工阶段还可区分不同时期的自我面孔，成年时期的自我面孔图片所诱发的 LPP(late positive potentials)波幅显著大于青少年和儿童时期自我面孔图片所诱发的波幅，而青少年时期的自我面孔图片所诱发的 LPP 波幅又显著大于儿童时期自我面孔图片所诱发的波幅(Rubianes et al., 2021)。除此之外，平面旋转角度对自我面孔识别的影响也发生在此加工阶段。加工正立的自我面孔和旋转至 90°的自我面孔比加工旋转至 180°的自我面孔诱发了更大的 LPP 波幅，而不同角度的他人面孔诱发的 LPP 波幅没有显著差异(钟毅平 等, 2016)。由此看来，自我面孔识别知觉加工整合的晚期主要处理注意程度和平面旋转角度对自我面孔识别的影响以及依据面孔物理特征的差异分离面孔所处的不同时期等，且主要体现在 P300 和 LPP 成分上。

4.2 自我面孔识别的评价加工和情绪反应过程

自我面孔识别中的评价加工及情绪反应过程可能主要涉及顶上小叶、额中回、额下回及脑岛的功能，该过程受到情绪以及社会文化因素的影响。其中顶上小叶和额中回不仅参与评价自我面孔本身，它们的活动还反映了对自我面孔相关的社会属性的评价加工，并且反映了社会文化因素对自我面孔识别的影响(Morita et al., 2008; Oikawa et al., 2012; Platek et al., 2009; Sui & Han, 2007)。额下回和脑岛除了参与评价自我面孔之外，更反映了识别或评价自我面孔时的情绪体验(Guan et al., 2020; Morita et al., 2008; Morita et al., 2014; Verosky & Todorov, 2010)。值得注意的是，顶上小叶、额中回和额下回也参与自我面孔与他人面孔的区分，以及注意分配和多感觉的整合加工过程(Devue et al., 2007; Scheepers et al., 2013; Sui & Han, 2007; Uddin et al., 2005)，但本文认为它们的功能主要体现在自我面孔识别中更为复杂的评价加工及情绪反应过程中。

在时间加工进程上，自我面孔识别中的评价加工及情绪反应过程主要发生在自我面孔识别的中晚期。自我面孔识别的中期会受到自我评价威胁的影响。自我评价威胁启动(被试依次判断 30 个负性人格特质形容词是否符合自己的特点)后，自我面孔和朋友面孔所诱发的额中区域的 N2 波幅差异不显著，但非威胁性启动后，自我面孔诱发的 N2 波幅显著小于朋友面孔诱发的 N2 波幅；并且自我评价威胁并不调节自我面孔诱发的 N2 波幅，而是改变了朋友面孔诱发的 N2 波幅(Guan et al., 2014)。由于此研究中只有中国被试，所以无法得知该结果是否具有文化差异。但可以明确的是：对于中国被试，威胁启动对自我面孔加工相对优势

的削弱源于对他人面孔加工的调节而非自我面孔加工。另外，文化因素会在此阶段影响自我面孔识别。对于英国被试，自我面孔比熟悉他人面孔诱发出更大的 N2 波幅，但中国被试却表现为熟悉他人面孔比自我面孔诱发出更大的 N2 波幅(Sui et al., 2009)。不匹配的文化启动也会在这一加工阶段调节自我面孔识别。对于英国被试，依存性的文化启动会减弱自我面孔诱发的 N2 波幅，而对于中国被试，独立性的文化启动则会抑制朋友面孔诱发的 N2 波幅(Sui et al., 2013)。奖赏对自我面孔识别的影响也体现在这一加工阶段，与无奖励线索相比，金钱奖励后自我面孔激发的 N2 波幅更大(Zhan et al., 2016)。因此，在自我面孔识别的中期，知觉层面区分了自我面孔与他人面孔的同时，还需评价奖赏和威胁信息与自我面孔间的关联，也会受到文化因素的影响，并可能伴随相应的情绪体验，且主要体现在 N2 和 P2 成分上。

在自我面孔识别的晚期，金钱报酬也会影响自我面孔识别。在阈上金钱奖励启动后，自我面孔诱发的 P300 波幅显著大于朋友面孔诱发的 P300 波幅，且金钱奖励越多，二者波幅差异越大，而在控制条件下，两者没有表现出显著性的差异(Zhan et al., 2016; Zhan et al., 2017)。另外，社会评价威胁对自我面孔加工优势的影响也发生在此阶段。高兴和中性情绪面孔启动后，自我面孔比朋友面孔激发了更大的 P300 波幅；但愤怒情绪面孔启动后，自我面孔和朋友面孔激发的 P300 波幅差异不显著(Guan, Qi, et al., 2015; Guan et al., 2017)。对自我面孔加工相对优势(自我面孔激发的 P300 波幅–朋友面孔激发的 P300 波幅)进行分析还发现，中性情绪面孔启动后自我面孔加工的相对优势显著大于愤怒情绪面孔启动后的加工优势。因此，在自我面孔识别的晚期主要评价更为复杂的奖赏和社会信息与自我面孔间的关联，并将由此引发相应的积极或消极的情绪体验，且主要体现在 P300 和 LPP 成分上。

5 问题与展望

未来研究可采用 EEG–fMRI 同步技术或脑磁图技术(magnetoencephalography, MEG)结合时间和空间信息数据并关注脑区间的协同功能。以往多数研究只根据各自的研究目的而采用单一的研究方法考察自我面孔识别的认知神经机制，割裂了时间信息与空间信息，所以无法系统地考察识别自我面孔时各脑区在每个认知加工阶段中的具体功能。EEG–fMRI 同步技术整合了 EEG 技术的高时间分辨率和 fMRI 技术的高空间分辨率的优势，目前已被用于考察癫痫的发病机制、睡眠和睡眠障碍的神经机制、以及注意、执行功能、记忆、决策和情绪的神经机制(雷旭, 尧德中, 2014; Mele et al., 2019)，然而该项技术尚未应用于自我面孔识别领域。目前只发现一项研究试图使用 MEG 技术考察自我面孔识别中基于预测的死亡否认机制(Dor-Ziderman et al., 2019)，未来仍需更加广泛地应用该技术结合自我面孔识别的时间和空间数据。另外，以往多数研究对自我面孔识别神经基础的考察只从单一脑区出发，考察某一脑区对应的认知功能，无法获得脑区间关联的信息。然而，某一认知活动的完成并不是单一脑区的功能，而是多个脑区之间协同的功能，且各脑区之间不只存在空间上的协同作用还具有时间上的因果联系。目前，已有一些研究试图揭示自我面孔识别中脑区间的协同功能。例如，Yamawaki 等人(2017)发现编码自我面孔时，参与记忆编码的海马(hippocampus)与自我参照加工有关的内侧前额叶(medial prefrontal cortex, mPFC)和楔前叶等皮质中线结构(cortical midline structures, CMSs)的功能连接增强。Morita 等人(2014)发现在他人观察情境识别和评价自我面孔时，前扣带回尾部皮层(caudal anterior cingulate cortex, ACC)与左外侧前额叶(lateral prefrontal cortex, lPFC)区域的功能连接增强，因此前扣带回尾部作为一个枢纽节点整合对自我面孔的评价信息。还有临床研究发现识别自我面孔时，前扣带回喙部皮层(rostral ACC)与左侧杏仁核(amygdala)功能连接的增强与近期自杀未遂有关，而前扣带回喙部皮层与右侧杏仁核功能连接的增强与自杀意念有关(Alarcon et al., 2019)。因此，为了系统全面地考

察自我面孔识别的认知神经机制，一方面需结合 ERP 和 fMRI 技术手段或多采用脑磁图技术充分整合时间和空间数据信息，另一方面需多应用功能连接、有向连接及心理生理交互等分析方法考察自我面孔识别中脑区间的协同功能。

关注自我面孔识别与内感受的关系。最近一些研究发现内感受与自我面孔识别过程可能有关。Panagiotopoulou 等人(2017)发现情感触摸在多感官整合过程中可增强自我面孔识别能力。且 Sel 等人(2017)对心脏跳动和视觉面孔识别的研究中，发现心视刺激同步会导致自我识别的改变，并增加自我—他人面孔感知的相似性。还有研究发现自我面孔识别和本体感受错觉(proprioceptive illusion)共同激活了右下额顶皮层(inferior fronto-parietal cortices)，而它们主要通过大脑上纵束的下分支(the inferior branch of the superior longitudinal fasciculus, SLF III)连接，这反映了 SLF III 网络中右下额顶皮层可能通过整合与自己身体有关的多种感觉信息来综合表征身体自我(Morita et al., 2017)。因此，自我面孔识别与内感受关系密切，未来研究可深入考察内感受与自我面孔识别共同的神经机制及两者间的内在联系，这将有利于揭示自我面孔识别及其加工优势的认知神经机制。

积极开展临床应用研究。目前对自我面孔识别认知神经机制的考察多是基础研究，很少涉足临床应用领域。然而，自我面孔识别作为一种研究自我认知加工常用的范式，是自我意识的重要指示器。研究者广泛地使用镜面自我识别来考察婴儿和动物的自我意识，并使用自我面孔识别范式来考察心理和精神疾病患者的自我意识。尽管行为研究发现精神分裂患者(常荷 等, 2012; 徐园园 等, 2018; 周爱保 等, 2020; 朱虹, 贾竑晓, 2014; Bortolon et al., 2017; Bortolon et al., 2016a, 2016b; Zhou et al., 2020)、抑郁症患者(刘珊珊 等, 2014; 尹梦雅 等, 2013)、躁狂症患者(贾竑晓 等, 2013)、强迫症患者(杨敬铭 等, 2014)、广泛性发育障碍患者(高强, 2012)、人格解体障碍(徐蕊 等, 2017)和神经性厌食症患者(Hirot et al., 2016)均在自我面孔识别中表现出识别障碍或加工速度的异常，且与疾病的症状表现程度和发展进程直接相关。但目前只有少数研究考察了自闭症患者(Chakraborty & Chakrabarti, 2018; Morita et al., 2016; Morita et al., 2012)、焦虑症患者(Kim et al., 2016)和抑郁症患者(Quevedo et al., 2018; Quevedo et al., 2019; Quevedo et al., 2016)自我面孔识别中的异常神经活动，而其他患者加工自我面孔时神经活动的异常也非常值得关注。因此，未来研究可考察具有自我意识障碍的患者识别自我面孔时异常的神经反应，不仅可间接考察自我面孔识别的认知神经机制，还可以探明自我意识障碍的神经基础，并为进一步早期诊断、干预和治疗提供依据。

最后，积极探索如何在威胁情景下保持自我面孔加工优势与心理健康。自我面孔加工优势本身就反映了内隐的自我积极偏向，是个体心理健康的重要体现(关丽丽 等, 2011; Ma & Han, 2010)。并且该效应具有较好的敏感性，可被威胁信息破坏，如个体负性评价自我、母亲或恋人所引发的自我评价威胁(关丽丽, 2013; 关丽丽 等, 2012; 张兆青, 2014; 郑莹灿, 2015; Guan et al., 2014; Ma & Han, 2010)、来自导师面孔或者他人怒视自己产生的社会评价威胁(Guan, Qi, et al., 2015; Guan et al., 2017; Ma & Han, 2009)以及对自身死亡相关信息的评价判断而诱发的死亡凸显威胁等(Guan, Chen, et al., 2015; Guan et al., 2020)均可破坏自我面孔加工优势。然而，威胁信息破坏自我面孔加工优势的心理机制及其认知神经机制却还处于初步探索阶段，尚未形成有力的结论。因此，未来研究可应用自我面孔识别范式，考察威胁信息影响个体自我认知加工的心理机制及其认知神经机制，这对于指导个体如何在威胁情境下有效地应对威胁信息并保持心理健康及良好的适应社会生活都具有重要意义，而揭示个体面对威胁信息时异常的神经活动，对于未来应用生物反馈技术干预和治疗因经历威胁情景而引发的心理问题可提供一定依据。

参考文献

*表示元分析用到的文献。

常荷，董毅，汪凯，张凤凤，李慧，赵子丛，. . . 陈学权. (2012). 精神分裂症患者自我面孔识别与自我监控能力的相关性研究. *中国健康心理学杂志, 20*(9), 1281–1283.

高强. (2012). *自闭症儿童自我面孔识别与加工研究*(硕士学位论文). 漳州师范学院.

关丽丽. (2013). *威胁性信息影响自我面孔优势效应的认知神经机制探究*(硕士学位论文). 西南大学，重庆.

关丽丽，齐铭铭，侯艳，杨娟. (2011). 自我面孔识别的脑机制. *心理科学进展, 19*(9), 1313–1318.

关丽丽，张庆林，齐铭铭，侯燕，杨娟. (2012). 自我概念威胁以及与重要他人的比较共同削弱自我面孔优势效应. *心理学报, 44*(6), 789–796.

贾竑晓，尹梦雅，朱虹. (2013). 躁狂发作患者的自我面孔识别速度研究. *首都医科大学学报, 34*(2), 204–206.

雷旭，尧德中. (2014). *同步脑电-功能磁共振(EEG-fMRI)原理与技术*. 科学出版社.

李稳. (2009). *探讨区分自我–他人面孔的神经基础*(硕士学位论文). 首都师范大学，北京.

刘珊珊，马辛，尹梦雅，朱虹，赵永厚, Nelson, B., . . .贾竑晓. (2014). 神经心理学损害：重性抑郁障碍患者自我加工效应的异常. *科学通报, 59*(13), 1223–1229.

谭群，尹月阳，刘燊，韩尚锋，徐强，张林. (2018). 自我积极表情加工优势效应：来自 ERPs 的证据. *心理学报, 50*(10), 1120–1130.

徐蕊，杨敬铭，朱虹，刘珊珊，贾竑晓. (2017). 人格解体障碍病人的自我面孔识别速度的研究. *首都医科大学学报, 38*(2), 192–196.

徐圆圆，周菘，朱虹，耿海燕，贾竑晓. (2018). 精神分裂症自知力与无意识自我面孔识别的关系. *首都医科大学学报, 39*(2), 209–212.

杨敬铭，刘珊珊，贾竑晓，朱虹，尹梦雅，刘嘉. (2014). 强迫性障碍患者对自我和名人面孔识别速度异常的实验研究. *中国心理卫生杂志, 28*(5), 339–343.

尹梦雅，贾竑晓，朱虹，刘嘉. (2013). 抑郁症患者的自我面孔识别研究. *首都医科大学学报, 34*(2), 207–210.

张兆青. (2014). *恋人概念威胁对面孔优势效应的影响*(硕士学位论文). 天津师范大学.

郑莹灿. (2015). *重要他人概念威胁影响自我面孔识别优势*(硕士学位论文). 西南大学，重庆.

钟毅平，李琎，占友龙，范伟，杨子鹿. (2016). 自我旋转面孔识别的 ERPs 研究. *心理学报, 48*(11), 1379–1389.

周爱保，谢佩，潘超超，田喆，谢君伟，刘炯. (2020). 寻找丢失的自我——精神分裂症患者的自我面孔识别. *心理学报, 52*(2), 184–196.

朱虹，贾竑晓. (2014). 以阴性与阳性症状为主的精神分裂症患者的自我面孔识别速度研究. *首都医科大学学报, 35*(2), 200–204.

Alarcon, G., Sauder, M., Teoh, J. Y., Forbes, E. E., & Quevedo, K. (2019). Amygdala functional connectivity during self-face processing in depressed adolescents with recent suicide attempt. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, *58*(2), 221–231.

Alzueta, E., Melcon, M., Jensen, O., & Capilla, A. (2020). The 'Narcissus Effect': Top-down alpha-beta band modulation of face-related brain areas during self-face processing. *Neuroimage*, *213*, Article 116754.

Alzueta, E., Melcon, M., Poch, C., & Capilla, A. (2019). Is your own face more than a highly familiar face? *Biological Psychology*, *142*, 100–107.

*Apps, M. A., Tajadura-Jimenez, A., Turley, G., & Tsakiris, M. (2012). The different faces of one's self: An fMRI study into the recognition of current and past self-facial appearances. *Neuroimage*, *63*(3), 1720–1729.

*Arzy, S., Collette, S., Ionta, S., Fornari, E., & Blanke, O. (2009). Subjective mental time: The functional architecture of projecting the self to past and future. *European Journal of Neuroscience*, *30*(10), 2009–2017.

Bortolon, C., Capdevielle, D., Altman, R., Macgregor, A., Attal, J., & Raffard, S. (2017). Mirror self-face perception in individuals with schizophrenia: Feelings of strangeness associated with one's own image. *Psychiatry*

Research, *253*, 205–210.
Bortolon, C., Capdevielle, D., Salesse, R. N., & Raffard, S. (2016a). Further insight into self-face recognition in schizophrenia patients: Why ambiguity matters. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, *50*, 215–222.
Bortolon, C., Capdevielle, D., Salesse, R. N., & Raffard, S. (2016b). Self-face recognition in schizophrenia: Preliminary eye-tracking study. *Frontiers in Human Neuroscience*, *10*, Article 3.
Cassia, V. M., Turati, C., & Simion, F. (2004). Can a nonspecific bias toward top-heavy patterns explain newborns' face preference? *Psychological Science*, *15*, 379–383.
Chakraborty, A., & Chakrabarti, B. (2018). Looking at my own face: Visual processing strategies in self-other face recognition. *Frontiers in Psychology*, *9*, Article 121.
Chein, J. M., Fissell, K., Jacobs, S., & Fiez, J. A. (2002). Functional heterogeneity within Broca's area during verbal working memory. *Physiology & Behavior*, *77*, 635–639.
*Devue, C., Collette, F., Balteau, E., Dequeldre, C., Luxen, A., Maquet, P., & Bredart, S. (2007). Here I am: The cortical correlates of visual self-recognition. *Brain Research*, *1143*, 169–182.
Dor-Ziderman, Y., Lutz, A., & Goldstein, A. (2019). Prediction-based neural mechanisms for shielding the self from existential threat. *Neuroimage*, *202*, Article 116080.
Eickhoff, S. B., Laird, A. R., Grefkes, C., Wang, L. E., Zilles, K., & Fox, P. T. (2009). Coordinate-based activation likelihood estimation meta-analysis of neuroimaging data: A random-effects approach based on empirical estimates of spatial uncertainty. *Human Brain Mapping*, *30*(9), 2907–2926.
Geng, H., Zhang, S., Li, Q., Tao, R., & Xu, S. (2012). Dissociations of subliminal and supraliminal self-face from other-face processing: Behavioral and ERP evidence. *Neuropsychologia*, *50*(12), 2933–2942.
Gobbini, M. I., & Haxby, J. V. (2007). Neural systems for recognition of familiar faces. *Neuropsychologia*, *45*(1), 32–41.
Gonzalez-Franco, M., Bellido, A. I., Blom, K. J., Slater, M., & Rodriguez-Fornells, A. (2016). The neurological traces of look-alike avatars. *Frontiers in Human Neuroscience*, *10*, Article 392.
Guan, L., Chen, Y., Xu, X., Qiao, L., Wei, J., Han, S. H., . . . Liu, Y. (2015). Self-esteem buffers the mortality salience effect on the implicit self-face processing. *Personality and Individual Differences*, *85*, 77–85.
Guan, L., Qi, M., Li, H., Hitchman, G., Yang, J., & Liu, Y. (2015). Priming with threatening faces modulates the self-face advantage by enhancing the other-face processing rather than suppressing the self-face processing. *Brain Research*, *1608*, 97–107.
Guan, L., Qi, M., Zhang, Q., & Yang, J. (2014). The neural basis of self-face recognition after self-concept threat and comparison with important others. *Social Neuroscience*, *9*(4), 424–435.
*Guan, L., Wu, T., Yang, J., Xie, X., Han, S., & Zhao, Y. (2020). Self-esteem and cultural worldview buffer mortality salience effects on responses to self-face: Distinct neural mediators. *Biological Psychology*, *155*, Article 107944.
Guan, L., Zhao, Y., Wang, Y., Chen, Y., & Yang, J. (2017). Self-esteem modulates the P3 component in response to the self-face processing after priming with emotional faces. *Frontiers in Psychology*, *8*, Article 1399.
Hirot, F., Lesage, M., Pedron, L., Meyer, I., Thomas, P., Cottencin, O., & Guardia, D. (2016). Impaired processing of self-face recognition in anorexia nervosa. *Eating and Weight Disorders-Studies on Anorexia Bulimia and Obesity*, *21*(1), 31–40.
Joyce, C., & Rossion, B. (2005). The face-sensitive N170 and VPP components manifest the same brain processes: The effect of reference electrode site. *Clinical Neurophysiology*, *116*(11), 2613–2631.
Kaplan, J. T., Aziz-Zadeh, L., Uddin, L. Q., & Iacoboni, M. (2008). The self across the senses: An fMRI study of self-face and self-voice recognition. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *3*(3), 218–223.

Keyes, H., Brady, N., Reilly, R. B., & Foxe, J. J. (2010). My face or yours? Event-related potential correlates of self-face processing. *Brain and Cognition*, *72*(2), 244–254.

Kim, M.-K., Yoon, H.-J., Shin, Y.-B., Lee, S.-K., & Kim, J.-J. (2016). Neural basis of distorted self-face recognition in social anxiety disorder. *Neuroimage-Clinical*, *12*, 956–964.

*Kircher, T. T., Senior, C., Phillips, M. L., Benson, P. J., Bullmore, E. T., Brammer, M., . . . David, A. S. (2000). Towards a functional neuroanatomy of self processing: Effects of faces and words. *Cognitive Brain Research*, *10*(1), 133–144.

*Kircher, T. T., Senior, C., Phillips, M. L., Rabe-Hesketh, S., Benson, P. J., Bullmore, E. T., . . . David, A. S. (2001). Recognizing one's own face. *Cognition*, *78*(1), 1–15.

Ma, Y., & Han, S. (2009). Self-face advantage is modulated by social threat – Boss effect on self-face recognition. *Journal of Experimental Social Psychology*, *45*(4), 1048–1051.

Ma, Y., & Han, S. (2010). Why we respond faster to the self than to others? An implicit positive association theory of self-advantage during implicit face recognition. *Journal of Experimental Psychology-Human Perception and Performance*, *36*(3), 619–633.

*Ma, Y., & Han, S. (2012). Functional dissociation of the left and right fusiform gyrus in self-face recognition. *Human Brain Mapping*, *33*(10), 2255–2267.

Mele, G., Cavaliere, C., Alfano, V., Orsini, M., Salvatore, M., & Aiello, M. (2019). Simultaneous EEG-fMRI for functional neurological assessment. *Frontiers in Neurology*, *10*, 848–859.

Menon, V., & Uddin, L. Q. (2010). Saliency, switching, attention and control: A network model of insula function. *Brain Structure and Function*, *214*(5), 655–667.

*Morita, T., Asada, M., & Naito, E. (2020). Right-hemispheric dominance in self-body recognition is altered in left-handed individuals. *Neuroscience*, *425*, 68–89.

*Morita, T., Itakura, S., Saito, D. N., Nakashita, S., Harada, T., Kochiyama, T., & Sadato, N. (2008). The role of the right prefrontal cortex in self-evaluation of the face: A functional magnetic resonance imaging study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *20*(2), 342–355.

Morita, T., Kosaka, H., Saito, D. N., Fujii, T., Ishitobi, M., Munesue, T., . . . Sadato, N. (2016). Neural correlates of emotion processing during observed self-face recognition in individuals with autism spectrum disorders. *Research in Autism Spectrum Disorders*, *26*, 16–32.

Morita, T., Kosaka, H., Saito, D. N., Ishitobi, M., Munesue, T., Itakura, S., . . . Sadato, N. (2012). Emotional responses associated with self-face processing in individuals with autism spectrum disorders: An fMRI study. *Social Neuroscience*, *7*(3), 223–239.

*Morita, T., Saito, D. N., Ban, M., Shimada, K., Okamoto, Y., Kosaka, H., . . . Naito, E. (2017). Self-face recognition shares brain regions active during proprioceptive illusion in the right inferior fronto-parietal superior longitudinal fasciculus III network. *Neuroscience*, *348*, 288–301.

*Morita, T., Saito, D. N., Ban, M., Shimada, K., Okamoto, Y., Kosaka, H., . . . Naito, E. (2018). Self-face recognition begins to share active region in right inferior parietal lobule with proprioceptive illusion during adolescence. *Cerebral Cortex*, *28*(4), 1532–1548.

*Morita, T., Tanabe, H. C., Sasaki, A. T., Shimada, K., Kakigi, R., & Sadato, N. (2014). The anterior insular and anterior cingulate cortices in emotional processing for self-face recognition. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *9*(5), 570–579.

Northoff, G., Heinzel, A., de Greck, M., Bermpohl, F., Dobrowolny, H., & Panksepp, J. (2006). Self-referential processing in our brain--a meta-analysis of imaging studies on the self. *Neuroimage*, *31*(1), 440–457.

*Oikawa, H., Sugiura, M., Sekiguchi, A., Tsukiura, T., Miyauchi, C. M., Hashimoto, T., . . . Kawashima, R. (2012). Self-face evaluation and self-esteem in young females: An fMRI study using contrast effect. *Neuroimage*,

59(4), 3668–3676.

Panagiotopoulou, E., Filippetti, M. L., Tsakiris, M., & Fotopoulou, A. (2017). Affective touch enhances self-face recognition during multisensory integration. *Scientific Reports*, *7*, Article 12883.

Pitcher, D., Walsh, V., & Duchaine, B. (2011). The role of the occipital face area in the cortical face perception network. *Experiment Brain Research*, *209*(4), 481–493.

*Platek, S. M., Keenan, J. P., Gallup, G. G., & Mohamed, F. B. (2004). Where am I? The neurological correlates of self and other. *Cognitive Brain Research*, *19*(2), 114–122.

*Platek, S. M., Keenan, J. P., & Mohamed, F. B. (2005). Sex differences in the neural correlates of child facial resemblance: An event-related fMRI study. *Neuroimage*, *25*(4), 1336–1344.

*Platek, S. M., & Kemp, S. M. (2009). Is family special to the brain? An event-related fMRI study of familiar, familial, and self-face recognition. *Neuropsychologia*, *47*(3), 849–858.

Platek, S. M., Krill, A. L., & Kemp, S. M. (2008). The neural basis of facial resemblance. *Neuroscience Letters*, *437*(2), 76–81.

Platek, S. M., Krill, A. L., & Wilson, B. (2009). Implicit trustworthiness ratings of self-resembling faces activate brain centers involved in reward. *Neuropsychologia*, *47*(1), 289–293.

*Platek, S. M., Loughead, J. W., Gur, R. C., Busch, S., Ruparel, K., Phend, N., . . . Langleben, D. D. (2006). Neural substrates for functionally discriminating self-face from personally familiar faces. *Human Brain Mapping*, *27*(2), 91–98.

Quevedo, K., Harms, M., Sauder, M., Scott, H., Mohamed, S., Thomas, K. M., . . . Smyda, G. (2018). The neurobiology of self face recognition among depressed adolescents. *Journal of Affective Disorders*, *229*, 22–31.

Quevedo, K., Liu, G., Teoh, J. Y., Ghosh, S., Zeffiro, T., Ahrweiler, N., . . . Paret, C. (2019). Neurofeedback and neuroplasticity of visual self-processing in depressed and healthy adolescents: A preliminary study. *Developmental Cognitive Neuroscience*, *40*, Article 100707.

Quevedo, K., Ng, R., Scott, H., Martin, J., Smyda, G., Keener, M., & Oppenheimer, C. W. (2016). The neurobiology of self-face recognition in depressed adolescents with low or high suicidality. *Journal of Abnormal Psychology*, *125*(8), 1185–1200.

Rossion, B., Campanella, S., Gomez, C., Delinte, A., Debatisse, D., Liard, L., . . . Guerit, J.-M. (1999). Task modulation of brain activity related to familiar and unfamiliar face processing: An ERP study. *Clinical neurophysiology, 110*(3), 449–462.

Rousselet, G. A., Macé, M. J.-M., & Fabre-Thorpe, M. (2003). Is it an animal? Is it a human face? Fast processing in upright and inverted natural scenes. *Journal of Vision*, *3*(6), 440–455.

Rubianes, M., Munoz, F., Casado, P., Hernandez-Gutierrez, D., Jimenez-Ortega, L., Fondevila, S., . . . Martin-Loeches, M. (2021). Am I the same person across my life span? An event-related brain potentials study of the temporal perspective in self-identity. *Psychophysiology*, *58*(1), Article e13692.

*Scheepers, D., Derks, B., Nieuwenhuis, S., Lelieveld, G.-J., Van Nunspeet, F., Rombouts, S. A. R. B., & de Rover, M. (2013). The neural correlates of in-group and self-face perception: Is there overlap for high identifiers? *Frontiers in Human Neuroscience*, *7*, Article 528.

Seeley, W. W., Menon, V., Schatzberg, A. F., Keller, J., Glover, G. H., Kenna, H., . . . Greicius, M. D. (2007). Dissociable intrinsic connectivity networks for salience processing and executive control. *Journal of Neuroscience*, *27*(9), 2349–2356.

Sel, A., Azevedo, R. T., & Tsakiris, M. (2017). Heartfelt self: Cardio-visual integration affects self-face recognition and interoceptive cortical processing. *Cerebral cortex*, *27*(11), 5144–5155.

Sereno, M. I., & Huang, R.-S. (2006). A human parietal face area contains aligned head-centered visual and tactile

maps. *Nature Neuroscience*, *9*(10), 1337–1343.

*Sugiura, M., Miyauchi, C. M., Kotozaki, Y., Akimoto, Y., Nozawa, T., Yomogida, Y., . . . Kawashima, R. (2014). Neural mechanism for mirrored self-face recognition. *Cerebral Cortex*, *25*(9), 2806–2814.

*Sugiura, M., Sassa, Y., Jeong, H., Horie, K., Sato, S., & Kawashima, R. (2008). Face-specific and domain-general characteristics of cortical responses during self-recognition. *Neuroimage*, *42*(1), 414–422.

*Sugiura, M., Sassa, Y., Jeong, H., Wakusawa, K., Horie, K., Sato, S., & Kawashima, R. (2012). Self-face recognition in social context. *Human Brain Mapping*, *33*(6), 1364–1374.

*Sugiura, M., Sassa, Y., jeong, H. J., Miura, N., Akitsuki, Y., Horie, K., . . . Kawashima, R. (2006). Multiple brain networks for visual self-recognition with different sensitivity for motion and body part. *Neuroimage*, *32*(4), 1905–1917.

*Sugiura, M., Watanabe, J., Maeda, Y., Matsue, Y., Fukuda, H., & Kawashima, R. (2005). Cortical mechanisms of visual self-recognition. *Neuroimage*, *24*(1), 143–149.

*Sui, J., & Han, S. (2007). Self-construal priming modulates neural substrates of self-awareness. *Psychological Science*, *18*, 861–866.

Sui, J., Hong, Y.-y., Liu, C. H., Humphreys, G. W., & Han, S. (2013). Dynamic cultural modulation of neural responses to one's own and friend's faces. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *8*(3), 326–332.

Sui, J., Liu, C. H., & Han, S. (2009). Cultural difference in neural mechanisms of self-recognition. *Social Neuroscience*, *4*(5), 402–411.

Tacikowski, P., & Nowicka, A. (2010). Allocation of attention to self-name and self-face: An ERP study. *Biological Psychology*, *84*(2), 318–324.

Tanaka, J. W., Curran, T., Porterfield, A. L., & Collins, D. (2006). Activation of preexisting and acquired face representations: The N250 event-related potential as an index of face familiarity. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *18*, 1488–1497.

*Taylor, M. J., Arsalidou, M., Bayless, S. J., Morris, D., Evans, J. W., & Barbeau, E. J. (2009). Neural correlates of personally familiar faces: Parents, partner and own faces. *Human Brain Mapping*, *30*(7), 2008–2020.

Turkeltaub, P. E., Eickhoff, S. B., Laird, A. R., Fox, M., Wiener, M., & Fox, P. (2012). Minimizing within-experiment and within-group effects in Activation Likelihood Estimation meta-analyses. *Human Brain Mapping*, *33*(1), 1–13.

*Uddin, L. Q., Kaplan, J. T., Molnar-Szakacs, I., Zaidel, E., & Iacoboni, M. (2005). Self-face recognition activates a frontoparietal "mirror" network in the right hemisphere: An event-related fMRI study. *Neuroimage*, *25*(3), 926–935.

*Verosky, S. C., & Todorov, A. (2010). Differential neural responses to faces physically similar to the self as a function of their valence. *Neuroimage*, *49*(2), 1690–1698.

Yamawaki, R., Nakamura, K., Aso, T., Shigemune, Y., Fukuyama, H., & Tsukiura, T. (2017). Remembering my friends: Medial prefrontal and hippocampal contributions to the self-reference effect on face memories in a social context. *Human Brain Mapping*, *38*(8), 4256–4269.

Zhan, Y., Chen, J., Xiao, X., Li, J., Yang, Z., Fan, W., & Zhong, Y. (2016). Reward promotes self-face processing: An event-related potential study. *Frontiers in Psychology*, *7*, Article 735.

Zhan, Y., Xiao, X., Chen, J., Li, J., Fan, W., & Zhong, Y. (2017). Consciously over unconsciously perceived rewards facilitate self-face processing: An ERP study. *Scientific Reports*, *7*, Article 7836.

Zhou, S., Xu, Y., Wang, N., Zhang, S., Geng, H., & Jia, H. (2020). Deficits of subliminal self-face processing in schizophrenia. *Consciousness and Cognition*, *79*, Article 102896.

作者贡献说明：

那宇亭：数据分析；论文起草

赵宇雯：论文修订

关丽丽：研究主题的提出、设计；论文修订